

2018 年度

早稲田大学大学院基幹理工学研究科情報理工・情報通信専攻 修士論文

複数の生体情報による 映像主観評価推定に関する研究

大石 章央

(5117F011-5)

提出日：2019.02.01

指導教員：亀山渉教授

研究指導名：マルチメディア情報流通システム研究

目次

第 1 章	序論	1
1.1	研究背景.....	1
1.2	研究目的.....	1
1.3	本論文の構成.....	1
第 2 章	関連研究	3
2.1	生体情報.....	3
2.1.1	瞳孔径	3
2.1.2	注視点	3
2.1.3	基礎律動.....	3
2.1.4	RRI 変化率	3
第 3 章	実験	5
3.1	実験概要.....	5
3.2	被験者	5
3.3	装置.....	6
3.3.1	評価スライダ.....	6
3.3.2	その他の装置.....	6
3.4	試料映像.....	7
3.5	アンケート内容	7
第 4 章	解析	9
4.1	データ処理方法	9
4.1.1	瞳孔径及び対光反射補正	9
4.1.2	注視点位置の標準偏差.....	9

4.1.3	基礎律動	9
4.1.4	頭部運動	9
4.1.5	RRI 変化率	10
4.1.6	顔特徴点	10
4.2	解析手法	11
4.2.1	ランダムフォレスト (Random Forest, RF)	11
4.2.2	サポートベクトルマシン (Support Vector Machine, SVM)	11
4.2.3	勾配ブースティング木 (Gradient Boosting Tree, GBT)	11
4.2.4	複数の手法による組み合わせ	12
第 5 章	解析結果及び考察	13
5.1	映像品質時系列主観評価推定	13
5.1.1	結果	13
5.1.2	考察	21
5.2	映像品質主観評価推定	22
5.2.1	結果	22
5.2.2	考察	25
5.3	Interest 推定	25
5.3.1	結果	25
5.3.2	考察	28
5.4	Recommended 推定	28
5.4.1	結果	28
5.4.2	考察	30
5.5	Repeat 推定	31
5.5.1	結果	31

5.5.2 考察	33
第 6 章 結論	34
6.1 まとめ	34
6.2 今後の課題	34
参考文献	36
謝辞	38
図一覧	39
表一覧	40
付録	42
A. 映像品質時系列主観評価推定結果まとめ	42
B. 映像品質主観評価推定結果まとめ	44
C. Interest 推定結果まとめ	45
D. Recommended 推定結果まとめ	46
E. Repeat 推定結果まとめ	47
研究業績一覧	48

第1章 序論

1.1 研究背景

近年、YouTube といった動画配信サイトや、Hulu や Netflix といった動画配信サービスも年々普及しており、動画サイト利用者が 2017 年の調査において前年より増加し、全体の 47%であったことが報告されている[1]。また、スマートフォンやタブレットといった携帯通信端末も普及していることから、さまざまな通信環境下で動画配信サービスが利用されている。これにより、情報通信サービスに対するユーザのニーズやサービス仕様の多様化が進み、従来のネットワークサービス品質である QoS (Quality of Service) よりアプリケーションサービスの利用者の体感品質を表す QoE (Quality of Experience) が重要視されるようになった[2]。

QoE は時系列によって、変化することが考えられるが、従来の QoE の品質評価法であるアンケートによる主観評価では、リアルタイムな評価が難しく、サービス提供中の品質を評価するのは困難である。そこで、利用者が評価することをあまり意識せずにリアルタイムに評価可能な客観的評価法やその推定手法が求められている。

1.2 研究目的

1.1 で記述したように客観的な QoE 評価推定手法として、リアルタイムに計測可能な瞳孔径や基礎律動、皮膚電気活動といった生体情報を利用した QoE 推定が考えられている[3][4]。いずれの研究も単一の生体指標と QoE との関係性を示すのみ、あるいは、一つの映像に対する一つの主観評価の推定を試みるに留まっており、時系列な主観評価の推定を試みる研究はなされていない。そこで、本研究では、特に映像品質に対する時系列主観評価を複数の生体情報を用いて推定することを目的とする。

1.3 本論文の構成

本論文は以下の 6 章で構成されている。

第 1 章「序論」では、研究背景や研究目的、本論文の構成について記述している。

第 2 章「関連研究」では、本研究で用いた生体情報に関する論文を紹介している。

第3章「実験」では、今回行った実験の概要や手順、試料映像や実験環境について記述している。

第4章「解析」では、今回取得した生体情報の処理方法や解析手法について説明している。

第5章「解析結果及び考察」では、映像品質に対する時系列主観評価の推定結果及びその他の推定結果を示し、各手法間で比較し、考察を行っている。

第6章「結論」では、本研究の結論と、今後の課題について記述している。

第2章 関連研究

2.1 生体情報

2.1.1 瞳孔径

瞳孔径は、輝度の変化による変動（対光反射）と心理状態により変動するといわれている。Hess らは、興味や関心のある画像を見たときに瞳孔面積が散大し、興味のない画像や、恐怖心を感じた場合は、縮小することを報告している[5]。また、心理的負荷が掛かると瞳孔径が散大することも報告されている[6]。

2.1.2 注視点

注視点は、興味と密接な関係があるといわれており、脇山らはユーザの注視点情報から興味モデルを推定し、絵画推薦システムに反映することでユーザの興味を反映した結果を得たことを報告している[7]。また、遠藤らは、注視点領域の画質が画像全体の印象に大きく影響を及ぼす可能性を報告している[8]。

2.1.3 基礎律動

基礎律動とは、自発的電気活動を問う非常の電極から記録したものであり、脳の活動状態により脳波の波形、振幅、周波数が変化する。周波数成分は、 α 波（8~13[Hz]）、 β 波（14~30[Hz]）、 θ 波（4~7[Hz]）、 δ 波（0.5~3[Hz]）と区別されることが多い[9]。特に α 波、 β 波はリラックス状態や精神活動状態によって変動するとされており、上野らは精神的負荷が多いときや不快に感じている際に α 波が減少し、 β/α が減少することを報告している[10]。また、関連研究に高品位映像について脳波を指標とする客観評価法の検討がされている[11]。

2.1.4 RRI 変化率

心電図に表れる R 波と R 波の間隔である RRI が身体的・精神的ストレスの指標となるといわれており、以下の式で表される RRI 変化率もストレス指標として有効であると報告されている[12]。

$$\text{RRI 変化率} = \frac{\text{実測 RRI}}{\text{安静時平均 RRI}} \times 100 [\%] \quad (1)$$

100%を下回ると安静時よりもストレスが掛かっているということになる。なお、本研究では、式（1）における安静時平均 RRI の代わりに全条件の平均 RRI を用いている。

第3章 実験

3.1 実験概要

本実験では、1 試行に試料映像を 1 本視聴してもらった。視聴中には手元を隠した状態で後述の評価スライダを用いて、視聴後には 5 段階で映像品質を評価してもらうほか映像に対する興味についてアンケートに答えてもらった。映像の種類及びビットレートを変え、この試行を各映像が 1 回のみ提示されるよう 9 回繰り返し、その際の視線情報、基礎律動、頭部運動、心拍、顔特徴点の位置を計測した。試料映像前にはグレー画面（輝度値 127）が 15 秒間表示された後、試料映像が再生される。試料映像の提示順序としては、1 本目はどの被験者に対しても同一の映像を提示し、これをダミー映像とし、ダミー映像視聴時のデータは解析には加えなかった。2 本目以降はランダムに提示されるようにした。実験手順を図 1 に示す。

予備実験より、手元を隠した状態で評価スライダを操作するには訓練が必要であることが判明したため、被験者には実験の前に手元を見ずに評価スライダを操作する訓練を行った。

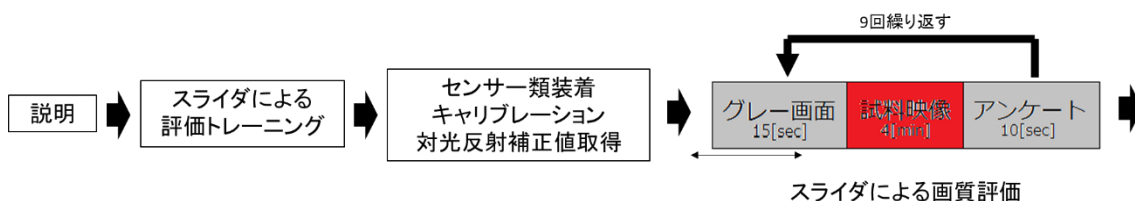


図 1 実験手順

3.2 被験者

被験者は男性 8 名、女性 3 名の計 11 名である。うち 1 名はデータ欠損のため解析からは除外した。平均年齢は 21.8 歳、標準偏差 1.23 はである。

3.3 装置

3.3.1 評価スライダ

映像品質時系列主観評価の記録装置として、ITU-R BT.500[13]を参考に図2のような評価スライダを作成した。文献[13]に規定されている通り、サンプリングレートは2[Hz]で、スライダの長さは100[mm]とした。100[mm]の評価軸を5[mm]ごとに区切られており、評点は0~5まで記録できる。ただし、0.25刻みで量子化され記録される。このスライダの評点を本稿では、映像品質時系列主観評価とする。

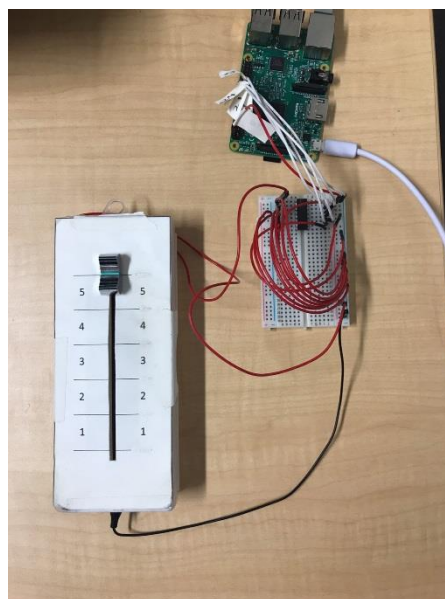


図2 評価スライダ

3.3.2 その他の装置

実験は、仕切りで区切られた空間内で行われ、机上に映像視聴用のモニタ、アイトラッカ、ウェブカメラを設置した。脳波計及び心拍計は実験前に被験者に装着してもらった。それぞれの装置の仕様を以下の表3-1に示す。

表3-1 その他の装置一覧

アイトラッカ	Tobii X60 (60[Hz]計測)
脳波計	Muse 2016 (256[Hz]計測)
心拍計	Polar V800 2及びH10
ウェブカメラ	SANWA SUPPLY, 15[fps], 1920×1080
モニタ	ナナオ社, 23インチLCD, 1920×1080

3.4 試料映像

コーデックが H.264 で 1920×1080[pixel]の映像のうち、なるべく被験者が興味を持って視聴してもえそうな種類（Program Type、PT）の異なる有音のものを 9 つ選んだ。ダウンロードした映像のビットレートを基準（Control）とし、1000[kbps]、800[kbps]、400[kbps]になるよう再エンコードした。試料映像の詳細は、下記の表 3-2 に示す。

表 3-2 試料映像詳細一覧

Program Type	長さ	フレームレート[fps]	ビットレート[kbps]			
			Control	1000k	800k	400k
Anime	04:45.3	24	2383.44	1001.84	801.01	480.69
Cooking	05:21.9	30	2402.86	992.07	793.03	399.39
Figure	05:13.1	25	1534.63	997.66	797.51	400.34
Game	04:29.3	30	2599.97	1003.52	802.89	400.12
Nature	04:32.0	24	2915.85	999.60	800.16	401.24
Tennis	05:49.9	25	2020.74	1000.17	800.54	400.38
Time[ダミー]	04:57.4	24	1803.50	996.12	796.38	398.90
Universe	05:36.0	60	3371.35	1007.33	805.68	389.27
Weather	04:52.8	30	1060.97	996.57	797.36	399.55

3.5 アンケート内容

文献[13]を参考に映像品質に関するアンケート及び映像内容に関するアンケートを作成し、映像ごとに被験者に回答してもらった。アンケート内容を以下の表 3-3 及び表 3-4 に示す。

表 3-3 品質評価に関するアンケート内容

評点	評価語
5	劣化がわからない
4	劣化がわかるが、気にならない
3	劣化が気になるが、邪魔にならない
2	劣化が邪魔になる
1	劣化が非常に邪魔になる

表 3-4 映像内容に関するアンケート内容

評点	評価語[Interest]	評価語[Recommended]	評価語[Repeat]
5	興味あり、好き	薦める	もう一度見たい
4			
3	どちらともいえない	どちらともいえない	どちらともいえない
2			
1	興味なし、嫌い	薦めない	もう見たくない

また、視聴したものに対して、画質及び内容を含めたとき、有料で視聴するとしたら、いくら支払うかについてもアンケートをとり、その結果を Price とする。

第4章 解析

4.1 データ処理方法

実験時に取得した生体情報のうち、加藤らによる対光反射補正[14]を施し算出した瞳孔径の予測値と実測値との比と差、注視点位置の標準偏差、基礎律動、頭部の傾き、頭部の加速度、RRI 変化率、顔特徴点位置を用いた。また、瞳孔径の変動は刺激を受けてから数秒後に変動することが報告されていることから[15]、瞳孔径以外のデータを含む全データの同時刻(t_0)、1 秒後から 5 秒後までのデータ($tf_1\sim 5$)と 1 秒前から 5 秒前までのデータ($tp_1\sim 5$)を求め、これを説明変数に加えた。各データは全て 1 秒単位に整形・リサンプリングし、被験者ごとに 8 割を学習データ、残りをテストデータとして学習を行った。

4.1.1 瞳孔径及び対光反射補正

瞳孔径変動に関して、データ欠損及びその前後 0.05 秒のデータは瞬目及び瞬目中として扱い、前後のデータをもとに線形補間し、左右の平均をその時間における瞳孔径とし、本稿では PS とする。文献[14]の対光反射補正式により予測された値と PS との比を $ratioPS$ 、差を $diffPS$ とする。

4.1.2 注視点位置の標準偏差

半径 25[pixel]内を 0.1 秒以上注視した場合を注視点とし、その x 座標、 y 座標の標準偏差を算出した。本稿では、 x 座標の値を GP_X_sd 、 y 座標の値を GP_Y_sd とする。

4.1.3 基礎律動

各 4 チャンネル(TP9, AF7, AF8, TP10)の 1 秒ごとのデータに FFT を施し、各周波数帯のパワースペクトルを算出した。 α 波 (8-14[Hz]) に対する β 波 (14-38[Hz])、 θ 波 (4-7[Hz])、 δ 波 (1-3[Hz]) の割合を算出し、それぞれ b_a 、 t_a 、 d_a とする。

4.1.4 頭部運動

頭部の傾き Gyro と加速度 Accelerometer の 1 フレーム間の差を $diff$ 、1 秒間の標準偏差を sd とし、roll を X、pitch を Y、yaw を Z とする。

4.1.5 RRI 変化率

計測した心拍データを解析しやすいように 1 秒ごとのデータに線形補間し、全条件の RRI の平均との比を算出し、これを RRI 変化率とした。本稿では、COR とする。

4.1.6 顔特徴点

dlib を用いて、顔特徴点 68 点の位置を推定し、眉間の点(P28)とそれぞれの点との距離と、鼻筋の 2 点(P28、31)の距離との比を算出し、本稿では diffSumP 番号とする。推定した顔特徴点 68 点の位置は図に示す。

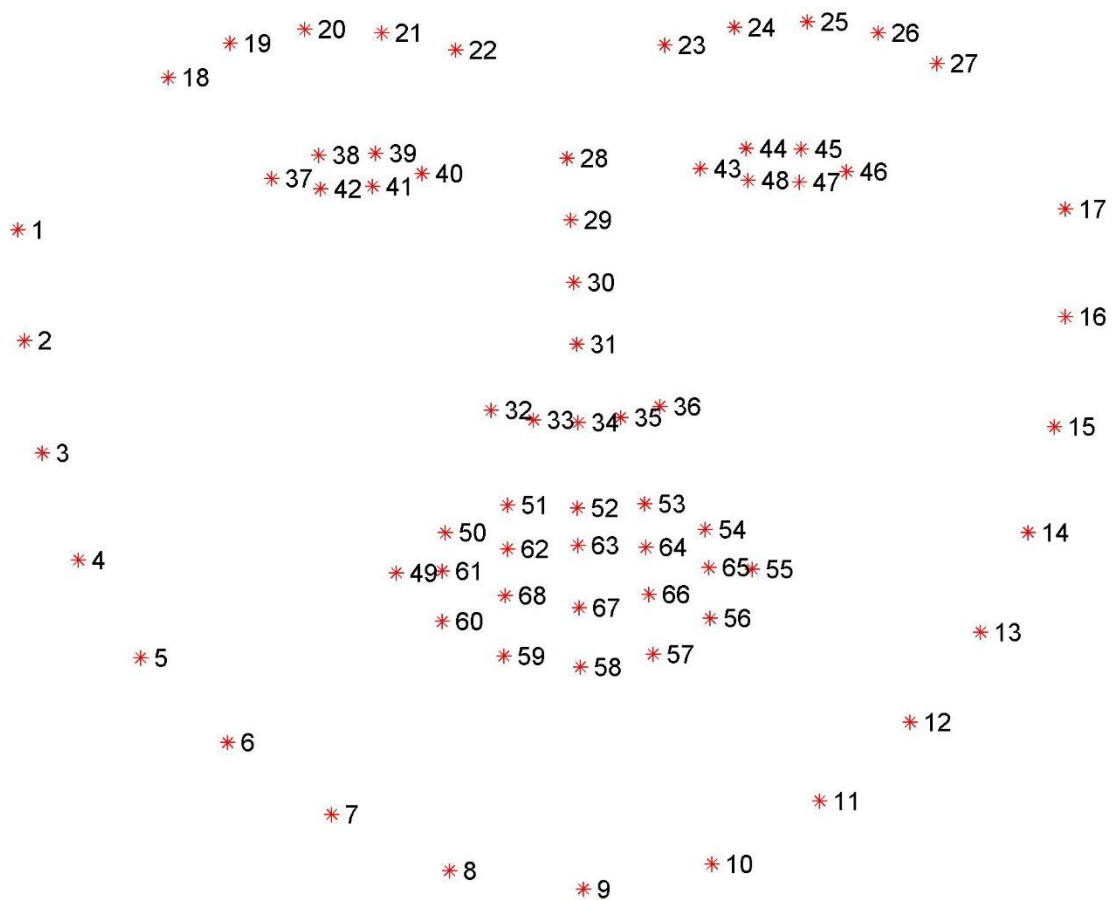


図 3 顔特徴点の位置 (文献[16]Figure2 より引用)

4.2 解析手法

4.2.1 ランダムフォレスト (Random Forest, RF)

ランダムフォレストとは、トレーニングデータからランダムサンプリングを行い、複数の決定木あるいは回帰木を弱学習器として生成し、組み合わせることで分類や回帰を行うアルゴリズムである。また、ランダムフォレストでは、説明変数の重要度を算出することができ、いくつか手法があるが、本研究ではジニ係数による手法を採用している。

本研究では R のパッケージである `randomForest` により実装した。パラメータについては、使用する特徴量の数 `mtry` をデフォルト設定の場合と (RF[固定]とする) と `randomForest` パッケージの `tuneRF` 関数によりチューニングした場合 (RF[チューニング]とする) の 2 つの条件で実施した。ここに記述していないパラメータについてはどちらの場合においてもデフォルト設定である。

4.2.2 サポートベクトルマシン (Support Vector Machine, SVM)

サポートベクトルマシンとは、カーネルトリックを用いた非線形識別器を構成する学習モデルである。

R のパッケージである `kernlab` により実装した。カーネルにはガウシアンカーネルを利用し、コストパラメータ `C` をデフォルト設定にした場合 (SVM[固定]) とグリッドサーチによりチューニングした場合 (SVM[チューニング]) の 2 つの条件で実施した。ここに記述していないパラメータについてはどちらの場合においてもデフォルト設定である。

4.2.3 勾配ブースティング木 (Gradient Boosting Tree, GBT)

勾配ブースティング木とは、アンサンブル学習の一つであり、逐次的に決定木や回帰木といった弱学習器を生成する手法である。新たに弱学習器を生成するときに生成済み学習器の誤識別結果を利用することで改善される。ランダムフォレスト同様に説明変数の重要度を算出可能であり、本研究では、ジニ係数による手法を採用している。

R のパッケージである `xgboost` により実装した。評価指標をクラス分類の際は `mlogloss`、回帰予測の際は `rmse` として次の表に示すパラメータをデフォルト設定にした場合 (GBT[固定]とする) とグリッドサーチによりチューニングした場合

(GBT[チューニング]) の 2 つの条件で実施した。グリッドサーチは、文献[17]を参考に次の手順で行った。

1. `max_depth` 及び `min_child_weight` を除くパラメータを固定し、グリッドサーチにより最適値を決定。
2. 1 で決定した値と `subsample` 及び `colsample_bytree` を除くパラメータを固定し、グリッドサーチにより最適値を決定。
3. 1、2 で決定したパラメータを設定し、`eta` を小さくし、最適値を算出。

ここに記述していないパラメータについてはどちらの場合においてもデフォルト設定である。設定したパラメータを表 4-1 に示す。

表 4-1 勾配ブースティング木におけるパラメーター一覧

パラメータ	説明	値	グリッドサーチ範囲
<code>eta</code>	各ステップごとの学習率。	0.2	0.05~0.3
<code>max_depth</code>	木の深さの最大値。	5	2~10
<code>min_child_weight</code>	子ノードにおける必要な最小の重み。	1	0.5~1
<code>subsample</code>	サブサンプルを生成する際のトレーニングデータの抽出割合。	1	0.5~1
<code>colsample_bytree</code>	各木を作成するときの列におけるサブサンプルの割合。	1	0.5~1

4.2.4 複数の手法による組み合わせ

始めにランダムフォレストを実施し、説明変数の重要度を算出する。重要度の高かった上位 500 項目のみを新たに説明変数とするデータセット作成し、それをを用い 4.1~4.3 に示す手法で解析を行う。本稿ではそれぞれ、Comb[RF]、Comb[SVM]、Comb[GBT]と示す。

第5章 解析結果及び考察

本章では、節ごとに目的変数が異なり、4.2 で述べた手法による解析結果を示し、その精度を比較する。5.1 では、決定係数 (R^2) 及び平均平方二乗誤差 (Root Mean Squared Error、RMSE) により、5.2～5.5 では、精度 (Accuracy) 及び F 値 (F-measure) により比較を行う。

5.1 映像品質時系列主観評価推定

5.1.1 結果

3.3.1 で記述した評価スライダで取得した映像品質時系列主観評価値を目的変数とした被験者 002 の推定結果を示す。説明変数には 4.1 で記述した生体情報をのみとしており、各手法におけるチューニングした結果のみを図 4-9 に示す。

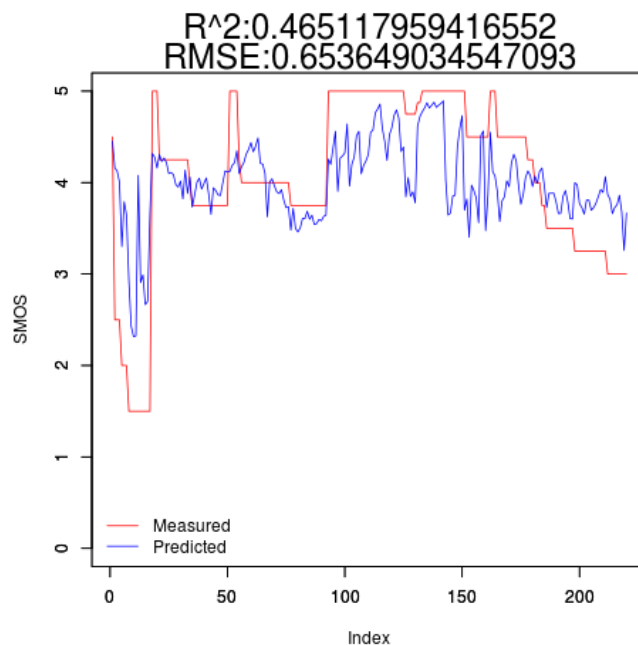


図 4 RF (チューニング) による映像品質時系列主観評価推定結果

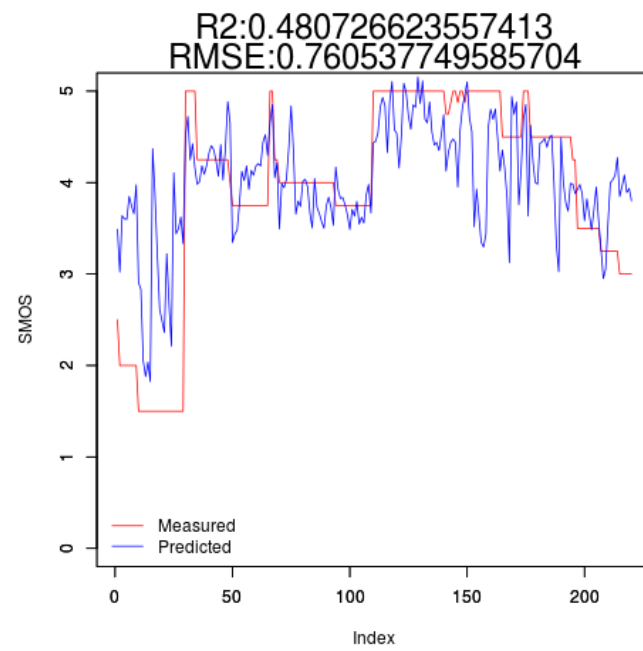


図 5 SVM (チューニング) による映像品質時系列主観評価推定結果

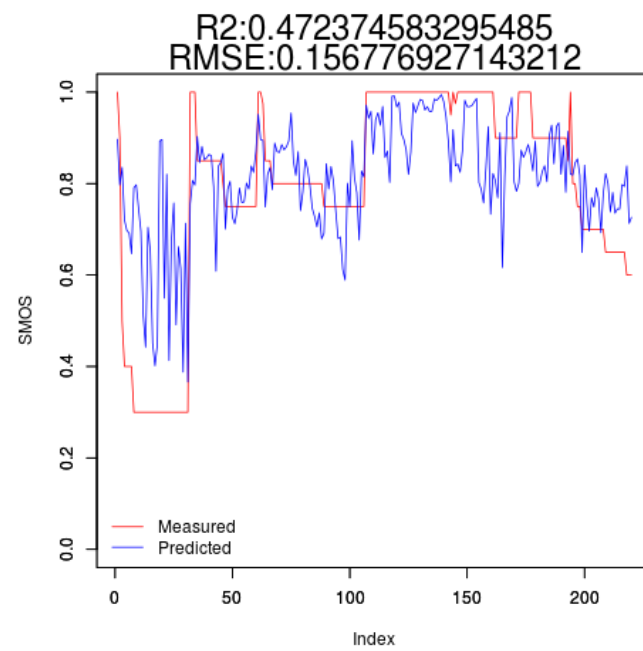


図 6 GBT (チューニング) による映像品質時系列主観評価推定結果

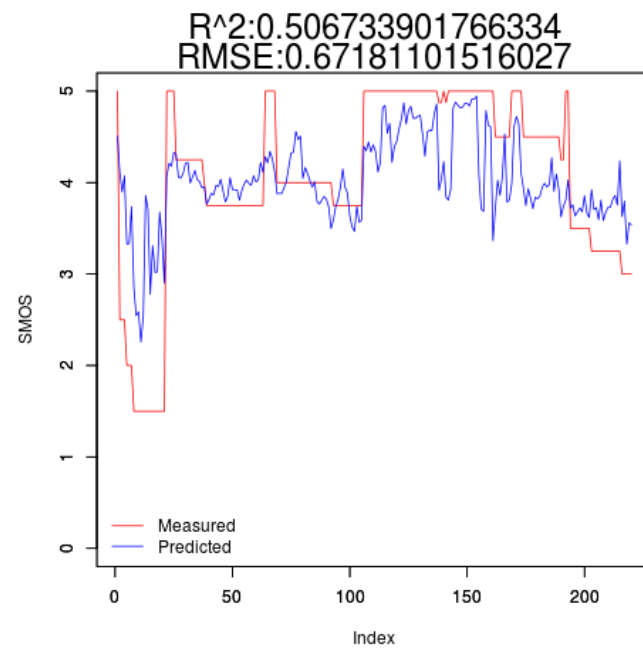


図 7 Comb[RF] (チューニング) による映像品質時系列主観評価推定結果

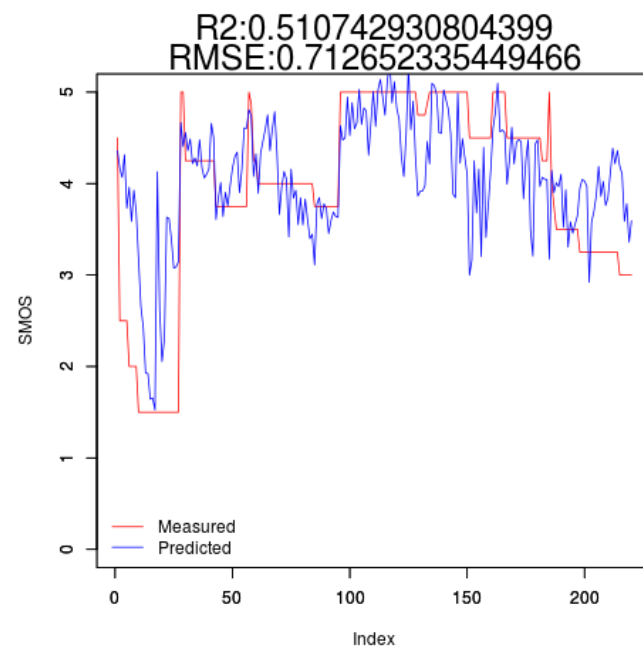


図 8 Comb[SVM] (チューニング) による映像品質時系列主観評価推定結果

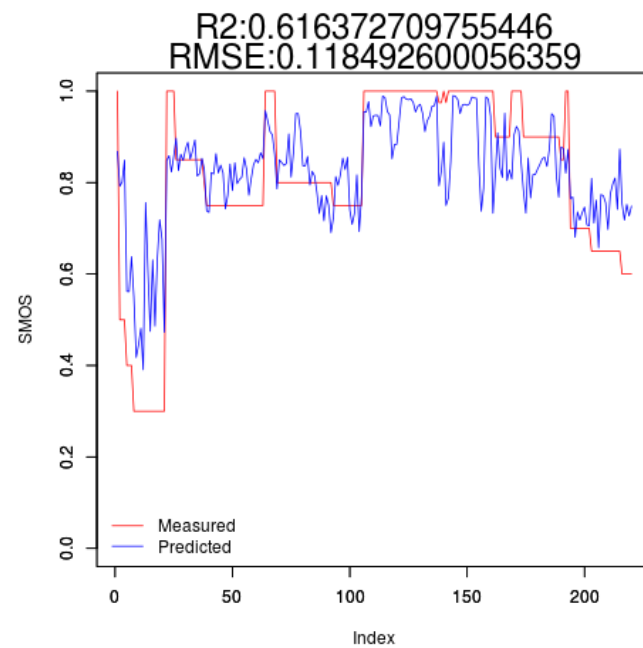


図 9 Comb[GBT] (チューニング) による映像品質時系列主観評価推定結果

次に、アンケートによって得た Interest、Recommended、Repeat、Price を目的変数に加えた場合の被験者 002 の推定結果を図 10-15 に示す。

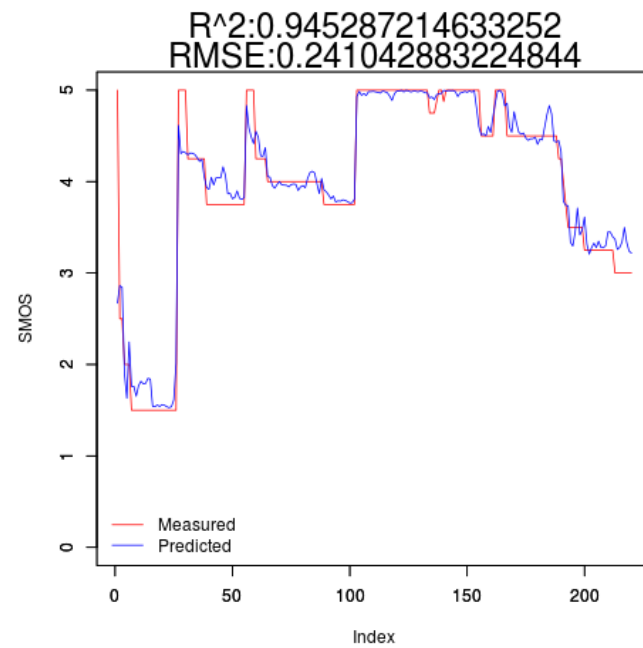


図 10 RF (チューニング) による映像品質時系列主観評価推定結果 (アンケート結果を含む)

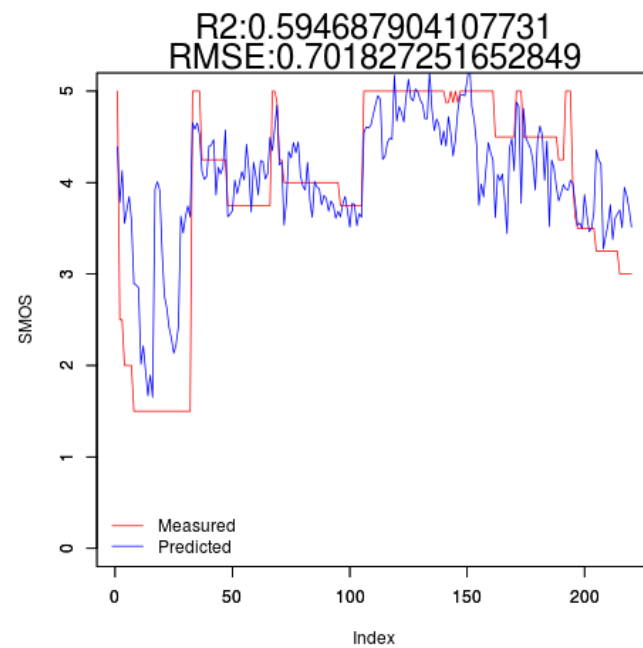


図 11 SVM (チューニング) による映像品質時系列主観評価推定結果 (アンケート結果を含む)

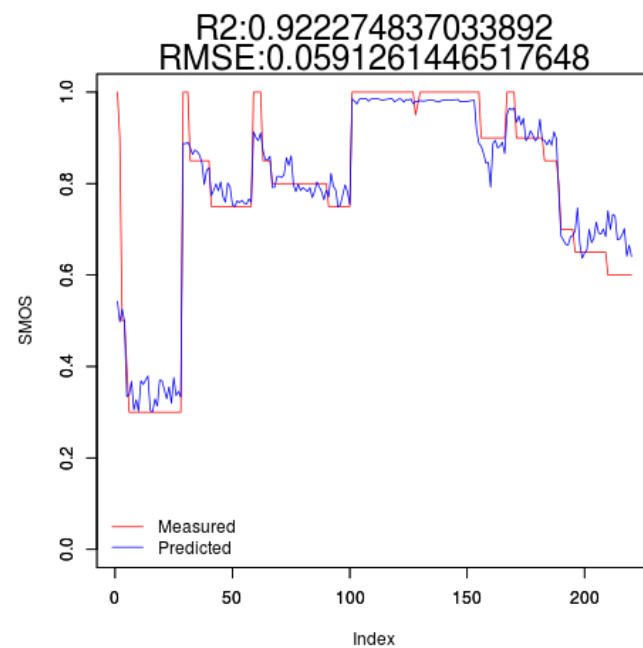


図 12 GBT (チューニング) による映像品質時系列主観評価推定結果 (アンケート結果を含む)

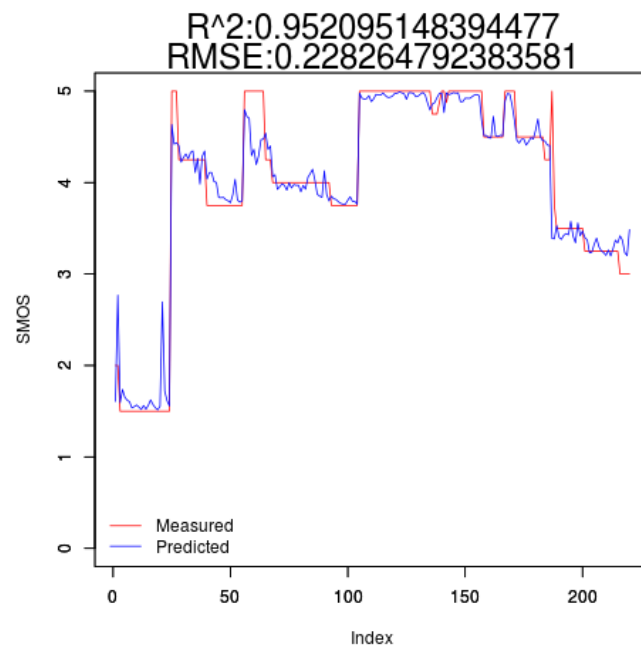


図 13 Comb[RF] (チューニング) による映像品質時系列主観評価推定結果
(アンケート結果を含む)

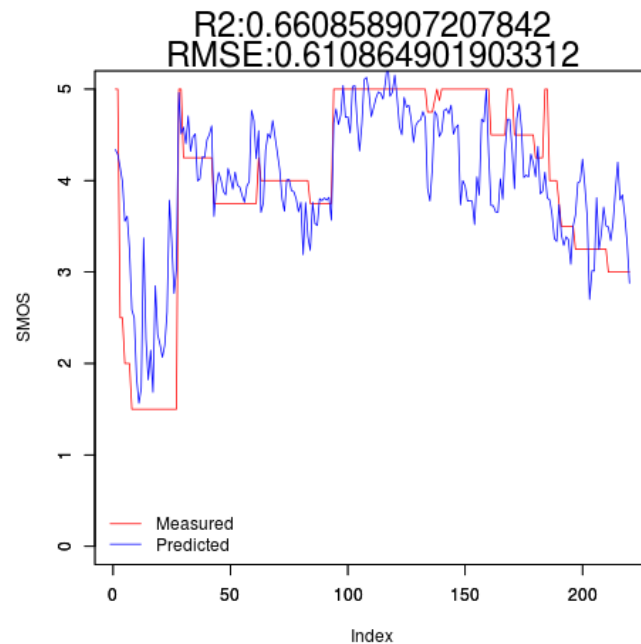


図 14 Comb[SVM] (チューニング) による映像品質時系列主観評価推定結果
(アンケート結果を含む)

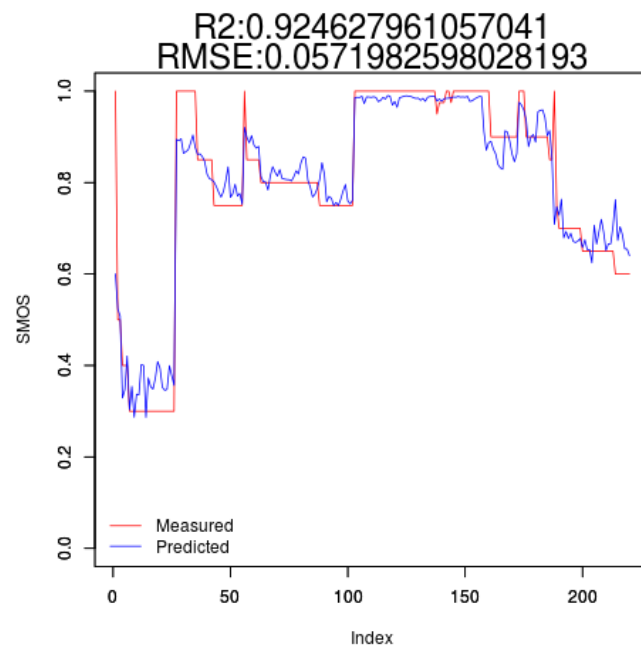


図 15 Comb[GBT] (チューニング) による映像品質時系列主観評価推定結果
(アンケート結果を含む)

表 5-1 及び 5-2 に全被験者の結果を平均し、まとめたものを示す。赤色のセルが最も高かったもので、黄色のセルが最も低かったものである。

表 5-1 各手法による映像品質時系列主観評価推定結果

RF				SVM				GBT			
固定		チューニング		固定		チューニング		固定		チューニング	
R ²	RMSE	R ²	RMSE	R ²	RMSE	R ²	RMSE	R ²	RMSE	R ²	RMSE
0.402	0.896	0.392	0.883	0.419	0.879	0.489	0.816	0.366	0.183	0.502	0.161

Comb[RF]				Comb[SVM]				Comb[GBT]			
固定		チューニング		固定		チューニング		固定		チューニング	
R ²	RMSE	R ²	RMSE	R ²	RMSE	R ²	RMSE	R ²	RMSE	R ²	RMSE
0.404	0.885	0.428	0.884	0.437	0.850	0.508	0.787	0.408	0.171	0.525	0.155

表 5-2 各手法による映像品質時系列主観評価推定結果（アンケート結果を含む）

RF				SVM				GBT			
固定		チューニング		固定		チューニング		固定		チューニング	
R ²	RMSE	R ²	RMSE	R ²	RMSE	R ²	RMSE	R ²	RMSE	R ²	RMSE
0.795	0.503	0.790	0.503	0.512	0.792	0.576	0.736	0.763	0.106	0.798	0.096

Comb[RF]				Comb[SVM]				Comb[GBT]			
固定		チューニング		固定		チューニング		固定		チューニング	
R ²	RMSE	R ²	RMSE	R ²	RMSE	R ²	RMSE	R ²	RMSE	R ²	RMSE
0.792	0.494	0.794	0.501	0.566	0.744	0.638	0.671	0.763	0.104	0.796	0.098

表 5-1 より、説明変数が生体情報のみの場合は、Comb[GBT]による推定が最も精度がよく、R²が 0.525、RMSE が 0.155 であった。説明変数にアンケート結果（Interest、Recommended、Repeat、Price）を含む場合は、表 5-2 より、わずかであるが GBT による推定が最も精度が高く、R²が 0.798、RMSE が 0.096 であった。

次に、RF によって算出された被験者 002、009、010 における説明変数の重要度上位 10 項目を以下表 5-3 及び表 5-4 に示す。

表 5-3 RF による説明変数の重要度上位 10 項目（左：被験者 002、中央：被験者 009、右：被験者 010）

説明変数	重要度	説明変数	重要度	説明変数	重要度
diffSumP30tf_4	27.7	CORtp_5	48.7	ratioPStp_4	58.0
diffSumP30tf_5	20.9	CORtp_4	47.0	ratioPStp_5	38.9
diffSumP30tf_3	20.7	diffSumP13tp_4	29.2	diffPStf_5	25.8
diffSumP30tf_2	14.2	CORtp_3	28.3	ratioPStf_5	21.2
diffSumP49tf_2	13.7	CORtf_4	16.2	diffPStp_4	21.0
diffSumP49tf_5	12.8	CORtf_5	15.5	ratioPStf_3	19.8
CORtp_3	12.7	CORtf_3	15.4	ratioPStf_2	16.1
CORtp_4	12.5	CORtp_2	15.0	diffPStp_5	14.3
AccelerometermeanYtf_3	11.6	CORtp_1	14.7	diffSumP15tf_4	12.8
AccelerometermeanYtf_5	11.6	diffSumP13tp_5	12.1	TP9_t_atf_3	11.2

表 5-4 RF による説明変数（アンケート結果含む）の重要度上位 10 項目（左：被験者 002、中央：被験者 009、右：被験者 010）

説明変数	重要度	説明変数	重要度	説明変数	重要度
Price	430.1	Recommended	704.5	Price	843.5
Repeat	248.3	Price	141.5	Recommended	226.7
Interest	124.0	Repeat	128.6	Interest	125.3
Recommended	21.2	Interest	30.4	AccelerometermeanYtp_5	13.4
AccelerometersdYtp_1	6.2	CORtp_5	15.1	AccelerometersdYtf_4	8.7
AccelerometersdXtf_3	5.2	CORtp_4	14.6	ratioPStp_5	8.4
CORtp_5	4.7	diffPStf_5	7.1	AccelerometersdYt_0	7.4
ratioPStp_5	2.8	CORtf_5	7.0	AccelerometersdYtf_1	4.9
AccelerometersdYtf_3	2.7	ratioPStf_5	6.4	GyrodifftXtp_5	4.3
AccelerometersdYtf_5	2.6	ratioPStf_4	6.4	diffPStp_5	4.2

説明変数が生体情報のみの場合は、被験者ごとに傾向が異なり、全被験者共通の特徴はみられなかった。次に説明変数にアンケート結果を含む場合はどの被験者においてもアンケート結果（Interest、Recommended、Repeat、Price）が上位に入っており、特に Price が高い重要度となっていた。

5.1.2 考察

表 5-1 から、説明変数が生体情報のみの場合は、Comb[GBT]（チューニング）が最も精度のいい結果となっている。これは各被験者でみると、10 名中 6 名において、同様の結果であった。説明変数の重要度が高いものだけを抽出することで、ノイズを除きより精度高く推定することが可能になったと考えられる。しかし、この手法では、過学習を助長している可能性もあり、外挿実験等による検討が必要と思われる。

表 5-2 から、説明変数にアンケート結果を含んだ場合は、わずかではあるが、GBT（チューニング）による推定がもっとも精度が高かった。これは、各被験者でみると、3 名において同様の結果であり、残りのうち 3 名は Comb[GBT]（チューニング）が最も精度が良かった。

次に、説明変数の重要度についてである。説明変数が生体情報のみの場合では、全被験者共通でみられる特徴はなかった。被験者によって、重要な生体情報が異なることから、取得する生体情報を絞るよりは、取得可能な生体情報はできる限り取得したほうが推定精度の向上が期待できると考える。

説明変数にアンケート結果を含む場合は、全被験者共通でアンケート結果（Interest、Recommended、Repeat、Price）が上位となった。これは、映像に対する印象というのが、映像品質主観評価に影響を与えていることを表し、被験者の映像に対する好みなどの印象をなんらかの方法で事前に調べることが可能であれば、より精度よく映像品質主観評価を推定することができると考える。

5.2 映像品質主観評価推定

5.2.1 結果

ここには、表 3-3 に示す映像品質に対する主観評価アンケートの結果を目的変数とし、各手法で推定を行った結果を示す。説明変数は生体情報のみの場合とし、被験者 002 における各手法のチューニングしたモデルによる推定結果を表 5-5 から 5-10 に示す。行に推定された結果、列が実際の評価結果である。表には品質評価の適合率（Precision）、再現率（Recall）、Accuracy を合わせて示す。

表 5-3 RF（チューニング）による映像品質主観評価推定結果

	2	3	4	5	Precision	Recall	Accuracy
2	53	4	2	7	0.80	0.93	0.92
3	1	20	0	2	0.87	0.47	0.88
4	0	7	48	3	0.83	0.87	0.92
5	3	12	5	52	0.72	0.81	0.85

表 5-4 SVM（チューニング）による映像品質主観評価推定結果

	2	3	4	5	<i>Precision</i>	<i>Recall</i>	<i>Accuracy</i>
2	51	4	6	2	0.81	0.89	0.92
3	1	37	0	1	0.95	0.86	0.96
4	3	2	42	2	0.86	0.76	0.91
5	2	0	7	59	0.87	0.92	0.94

表 5-5 GBT（チューニング）における映像品質主観評価推定結果

	2	3	4	5	<i>Precision</i>	<i>Recall</i>	<i>Accuracy</i>
2	53	2	2	6	0.84	0.93	0.94
3	1	34	3	5	0.79	0.79	0.92
4	2	2	44	1	0.90	0.80	0.93
5	1	5	6	52	0.81	0.81	0.89

表 5-6 Comb[RF]（チューニング）における映像品質主観評価推定結果

	2	3	4	5	<i>Precision</i>	<i>Recall</i>	<i>Accuracy</i>
2	52	3	2	7	0.81	0.91	0.92
3	0	21	1	9	0.68	0.49	0.85
4	0	11	45	2	0.78	0.82	0.89
5	5	8	7	46	0.70	0.72	0.83

表 5-7 Comb[SVM] (チューニング) における映像品質主観評価推定結果

	2	3	4	5	Precision	Recall	Accuracy
2	45	2	0	6	0.85	0.79	0.91
3	2	41	1	3	0.87	0.95	0.96
4	4	0	51	4	0.86	0.93	0.95
5	6	0	3	51	0.85	0.80	0.90

表 5-8 Comb[GBT] (チューニング) における映像品質主観評価推定結果

	2	3	4	5	Precision	Recall	Accuracy
2	55	0	2	3	0.92	0.96	0.97
3	0	31	3	3	0.84	0.72	0.92
4	0	4	43	3	0.86	0.78	0.91
5	2	8	7	55	0.76	0.86	0.88

次に全被験者の結果を平均し、まとめたものを表 5-11 に示す。赤色のセルは F-measure における最大値、黄色のセルは Accuracy の最大値をそれぞれ示す。

表 5-9 各手法による映像品質主観評価推定結果

RF				SVM				GBT			
固定		チューニング		固定		チューニング		固定		チューニング	
F-measure	Accuracy	F-measure	Accuracy	F-measure	Accuracy	F-measure	Accuracy	F-measure	Accuracy	F-measure	Accuracy
0.73	0.89	0.75	0.90	0.79	0.91	0.86	0.94	0.81	0.92	0.84	0.93

Comb[RF]				Comb[SVM]				Comb[GBT]			
固定		チューニング		固定		チューニング		固定		チューニング	
F-measure	Accuracy	F-measure	Accuracy	F-measure	Accuracy	F-measure	Accuracy	F-measure	Accuracy	F-measure	Accuracy
0.77	0.90	0.75	0.90	0.82	0.92	0.88	0.95	0.83	0.93	0.85	0.94

表 5-11 より、どの手法においても F-measure は 0.7 以上で Accuracy は 0.9 前後と高い精度であり、特に Comb[SVM] (チューニング) が最も精度が高く、F-measure が 0.88、Accuracy が 0.95 という結果だった。

次に、RF によって算出された被験者 002、009、010 における説明変数の重要度上位 10 項目を表 5-12 に示す。

表 5-10 RF による説明変数の重要度上位 10 項目（左：被験者 002、中央：被験者 009、右：被験者 010）

説明変数	重要度	説明変数	重要度	説明変数	重要度
CORtp_1	5.0	CORtf_3	9.2	ratioPStf_5	6.1
CORt_0	4.7	CORtf_2	7.5	diffPStf_4	5.1
CORtp_5	4.7	diffSumP36tf_3	7.4	ratioPStf_3	4.9
CORtf_4	4.6	ratioPStf_5	7.3	ratioPStf_4	4.8
CORtp_2	4.6	CORtf_1	7.0	diffPStf_5	4.6
CORtf_5	4.6	diffSumP36tf_4	6.7	ratioPStf_1	3.8
CORtf_2	4.2	CORtf_4	6.3	ratioPStf_2	3.6
CORtf_3	4.2	CORtp_2	6.1	diffPStp_2	3.5
diffPStf_4	3.9	diffSumP36tp_4	6.0	diffPStf_2	3.5
diffPStf_2	3.9	ratioPStf_4	5.2	ratioPStp_2	3.4

5.2.2 考察

表 5-11 より、どの手法においても F-measure が 0.7 以上、Accuracy が 0.9 前後と高い精度で推定できている。Accuracy のチャンスレベルは 0.25~0.5 を大幅に上回る結果となった。F-measure、Accuracy が最も高かったのは、Comb[SVM]（チューニング）によるものであり、10 名中 6 名の被験者で同様の結果であった。5.1.2 の考察同様、説明変数の重要度の高いものを抽出したことによって、ノイズが除かれ、精度が向上したと思われる。

5.3 Interest 推定

5.3.1 結果

ここには、表 3-4 に示す映像内容に関するアンケートのうち、Interest の結果を目的変数とし、各手法で推定を行った結果を示す。説明変数は生体情報のみの場合とし、被験者 002 における各手法のチューニングしたモデルによる推定結果を表 5-13 から 5-18 に示す。行に推定された結果、列が実際の評価結果である。表には品質評価の適合率（Precision）、再現率（Recall）、Accuracy を合わせて示す。

表 5-11 RF (チューニング) による Interest 推定結果

	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>Precision</i>	<i>Recall</i>	<i>Accuracy</i>
<i>2</i>	57	4	11	0.79	0.76	0.85
<i>3</i>	2	27	0	0.93	0.82	0.96
<i>4</i>	16	2	101	0.85	0.90	0.87

表 5-12 SVM (チューニング) による Interest 推定結果

	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>Precision</i>	<i>Recall</i>	<i>Accuracy</i>
<i>2</i>	60	1	8	0.87	0.80	0.89
<i>3</i>	0	30	1	0.97	0.91	0.98
<i>4</i>	15	2	103	0.86	0.92	0.88

表 5-13 GBT (チューニング) による Interest 推定結果

	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>Precision</i>	<i>Recall</i>	<i>Accuracy</i>
<i>2</i>	66	0	12	0.85	0.88	0.90
<i>3</i>	1	26	1	0.93	0.79	0.96
<i>4</i>	8	7	99	0.87	0.88	0.87

表 5-14 Comb[RF] (チューニング) による Interest 推定結果

	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>Precision</i>	<i>Recall</i>	<i>Accuracy</i>
<i>2</i>	58	2	14	0.78	0.77	0.85
<i>3</i>	0	27	0	1.00	0.82	0.97
<i>4</i>	17	4	98	0.82	0.88	0.84

表 5-15 Comb[SVM] (チューニング) による Interest 推定結果

	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>Precision</i>	<i>Recall</i>	<i>Accuracy</i>
<i>2</i>	63	1	13	0.82	0.84	0.88
<i>3</i>	0	29	2	0.94	0.88	0.97
<i>4</i>	12	3	97	0.87	0.87	0.86

表 5-16 Comb[GBT] (チューニング) による Interest 推定結果

	2	3	4	Precision	Recall	Accuracy
2	55	1	8	0.86	0.73	0.87
3	1	30	0	0.97	0.91	0.98
4	19	2	104	0.83	0.93	0.87

次に全被験者の結果を平均し、まとめたものを表 5-19 に示す。赤色のセルは F-measure における最大値、黄色のセルは Accuracy の最大値をそれぞれ示す。

表 5-17 各手法による Interest 推定結果

RF				SVM				GBT			
固定		チューニング		固定		チューニング		固定		チューニング	
F-measure	Accuracy	F-measure	Accuracy	F-measure	Accuracy	F-measure	Accuracy	F-measure	Accuracy	F-measure	Accuracy
0.73	0.86	0.75	0.87	0.77	0.88	0.84	0.92	0.79	0.90	0.84	0.92

Comb[RF]				Comb[SVM]				Comb[GBT]			
固定		チューニング		固定		チューニング		固定		チューニング	
F-measure	Accuracy	F-measure	Accuracy	F-measure	Accuracy	F-measure	Accuracy	F-measure	Accuracy	F-measure	Accuracy
0.76	0.87	0.76	0.88	0.81	0.90	0.85	0.92	0.81	0.90	0.84	0.92

表 5-19 より、どの手法においても F-measure が 0.7 以上、Accuracy が 0.9 前後と高い精度であり、Comb[SVM] (チューニング) が最も精度が良く、F-measure が 0.85、Accuracy が 0.92 であった。

次に、RF によって算出された被験者 002、009、010 における説明変数の重要度上位 10 項目を表 5-20 に示す。

表 5-18 RF による説明変数の重要度上位 10 項目 (左: 被験者 002、中央: 被験者 009、右: 被験者 010)

説明変数	重要度	説明変数	重要度	説明変数	重要度
CORtf_1	6.9	CORtf_3	4.9	CORtf_3	2.2
CORtf_5	6.3	AccelerometersdYtf_4	4.8	GP_X_SDtp_1	1.9
CORtp_2	6.1	CORtf_1	4.7	CORtf_1	1.8
CORtp_4	5.9	AccelerometersdYtp_1	4.5	GP_X_SDtp_4	1.8
CORtf_3	5.9	AccelerometersdYtf_5	4.4	GP_X_SDtp_5	1.8
CORtf_2	5.7	CORtf_2	4.4	CORtf_2	1.8
CORt_0	5.7	CORtf_4	4.2	AccelerometersdYtp_5	1.8
CORtp_3	5.2	CORt_0	4.2	GP_X_SDtp_2	1.7
CORtf_4	4.9	AccelerometersdYtf_1	3.9	GP_X_SDtp_3	1.7
ratioPSt_0	4.7	GyrosdXtf_2	3.8	GyrosdZtp_5	1.7

5.3.2 考察

表 5-19 より、どの手法においても F-measure が 0.7 以上、Accuracy が 0.9 前後と高い精度で推定できている。Accuracy のチャンスレベルは 0.25~0.5 を大幅に上回る結果となった。F-measure、Accuracy が最も高かったのは、Comb[SVM]（チューニング）によるものであり、10 名中 6 名の被験者で同様の結果であった。5.1.2 の考察同様、説明変数の重要度の高いものを抽出したことによって、ノイズが除かれ、精度が向上したと思われる。

説明変数の重要度について、全被験者を通して、RRI 変化率が上位になることが多かった。興味や関心に対して、RRI 変化率が関係していることが示唆された。

5.4 Recommended 推定

5.4.1 結果

ここには、表 3-4 に示す映像内容に関するアンケートのうち、Recommended の結果を目的変数とし、各手法で推定を行った結果を表 5-21 から 5-26 に示す。説明変数は生体情報のみの場合とし、被験者 002 における各手法のチューニングしたモデルによる推定結果を以下に示す。行に推定された結果、列が実際の評価結果である。表には品質評価の適合率（Precision）、再現率（Recall）、Accuracy を合わせて示す。

表 5-19 RF（チューニング）による Recommended 推定結果

	2	3	4	Precision	Recall	Accuracy
2	4	0	0	1.00	0.13	0.87
3	28	158	19	0.77	1.00	0.79
4	0	0	11	1.00	0.37	0.91

表 5-20 SVM（チューニング）による Recommended 推定結果

	2	3	4	Precision	Recall	Accuracy
2	18	2	0	0.90	0.56	0.93
3	14	156	11	0.86	0.99	0.88
4	0	0	19	1.00	0.63	0.95

表 5-21 GBT (チューニング) による Recommended 推定結果

	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>Precision</i>	<i>Recall</i>	<i>Accuracy</i>
<i>2</i>	27	0	0	1.00	0.84	0.98
<i>3</i>	5	157	5	0.94	0.99	0.95
<i>4</i>	0	1	25	0.96	0.83	0.97

表 5-22 Comb[RF] (チューニング) による Recommended 推定結果

	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>Precision</i>	<i>Recall</i>	<i>Accuracy</i>
<i>2</i>	13	0	0	1.00	0.41	0.91
<i>3</i>	19	158	20	0.80	1.00	0.82
<i>4</i>	0	0	10	1.00	0.33	0.91

表 5-23 Comb[SVM] (チューニング) による Recommended 推定結果

	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>Precision</i>	<i>Recall</i>	<i>Accuracy</i>
<i>2</i>	18	3	0	0.86	0.56	0.92
<i>3</i>	14	152	12	0.85	0.96	0.85
<i>4</i>	0	3	18	0.86	0.60	0.93

表 5-24 Comb[GBT] (チューニング) による Recommended 推定結果

	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>Precision</i>	<i>Recall</i>	<i>Accuracy</i>
<i>2</i>	29	0	0	1.00	0.91	0.99
<i>3</i>	3	158	9	0.93	1.00	0.95
<i>4</i>	0	0	21	1.00	0.70	0.96

次に全被験者の結果を平均し、まとめたものを表 5-27 に示す。赤色のセルは F-measure における最大値、黄色のセルは Accuracy の最大値をそれぞれ示す。

表 5-25 各手法による Recommended 推定結果

RF				SVM				GBT			
固定		チューニング		固定		チューニング		固定		チューニング	
F-measure	Accuracy	F-measure	Accuracy	F-measure	Accuracy	F-measure	Accuracy	F-measure	Accuracy	F-measure	Accuracy
0.71	0.87	0.72	0.88	0.77	0.90	0.83	0.93	0.79	0.91	0.85	0.93

Comb[RF]				Comb[SVM]				Comb[GBT]			
固定		チューニング		固定		チューニング		固定		チューニング	
F-measure	Accuracy	F-measure	Accuracy	F-measure	Accuracy	F-measure	Accuracy	F-measure	Accuracy	F-measure	Accuracy
0.73	0.88	0.75	0.89	0.80	0.92	0.86	0.94	0.84	0.92	0.84	0.93

表 5-27 より、どの手法においても F-measure が 0.8 前後、Accuracy が 0.9 前後と高い精度であり、Comb[SVM]（チューニング）が最も精度が良く、F-measure が 0.86、Accuracy が 0.94 であった。

次に、RF によって算出された被験者 002、009、010 における説明変数の重要度上位 10 項目を表 5-28 に示す。

表 5-26 RF による説明変数の重要度上位 10 項目（左：被験者 002、中央：被験者 009、右：被験者 010）

説明変数	重要度	説明変数	重要度	説明変数	重要度
AccelerometersdXtp_2	3.7	CORtf_1	7.0	CORtf_1	4.1
GyrosdYtp_2	3.4	CORtf_3	6.7	CORtf_2	3.8
GyrosdYtf_2	3.3	CORtp_3	5.4	CORtf_3	3.0
GyrosdYtp_5	3.0	CORtf_4	5.4	CORtp_4	2.9
GyrosdYtf_1	2.7	CORt_0	5.2	AccelerometersdYtp_5	2.9
GyrosdYtf_4	2.6	CORtp_1	5.1	diffPStf_5	2.8
AccelerometersdXtf_2	2.5	CORtf_2	4.8	diffPStf_4	2.5
AccelerometersdXtp_1	2.4	CORtp_2	4.6	ratioPStf_5	2.4
AccelerometersdXtp_3	2.3	CORtf_5	4.5	diffPStf_3	2.4
AccelerometersdXtp_4	2.3	AccelerometermeanYt_0	3.6	diffPStp_1	2.3

5.4.2 考察

表 5-27 より、どの手法においても F-measure が 0.8 前後、Accuracy が 0.9 前後と高い精度で推定できている。Accuracy のチャンスレベルは 0.25~0.5 を大幅に上回る結果となった。F-measure、Accuracy が最も高かったのは、Comb[SVM]（チューニング）によるものであり、10 名中 5 名の被験者で同様の結果であった。5.1.2 の考察同様、説明変数の重要度の高いものを抽出したことによって、ノイズが除かれ、精度が向上したと思われる。

説明変数の重要度について、Interest 同様 RRI 変化率が上位にある被験者いれば、他の推定時には上位なかった頭部運動が上位になる被験者もいた。

5.5 Repeat 推定

5.5.1 結果

ここには、表 3-4 に示す映像内容に関するアンケートのうち、Repeat の結果を目的変数とし、各手法で推定を行った結果を表 5-29 から 5-33 に示す。説明変数は生体情報のみの場合とし、被験者 002 における各手法のチューニングしたモデルによる推定結果を以下に示す。行に推定された結果、列が実際の評価結果である。表には品質評価の適合率 (Precision)、再現率 (Recall)、Accuracy を合わせて示す。

表 5-27 RF (チューニング) による Repeat 推定結果

	2	3	4	Precision	Recall	Accuracy
2	169	15	23	0.82	0.99	0.82
3	1	10	0	0.91	0.40	0.93
4	0	0	1	1.00	0.04	0.89

表 5-28 SVM (チューニング) による Repeat 推定結果

	2	3	4	Precision	Recall	Accuracy
2	170	12	16	0.86	1.00	0.87
3	0	13	0	1.00	0.52	0.95
4	0	0	8	1.00	0.33	0.93

表 5-29 GBT (チューニング) による Repeat 推定結果

	2	3	4	Precision	Recall	Accuracy
2	169	9	18	0.86	0.99	0.87
3	1	15	0	0.94	0.60	0.95
4	0	1	6	0.86	0.25	0.91

表 5-30 Comb[RF] (チューニング) による Repeat 推定結果

	2	3	4	Precision	Recall	Accuracy
2	170	14	17	0.85	1.00	0.86
3	0	11	0	1.00	0.44	0.94
4	0	0	7	1.00	0.29	0.92

表 5-31 Comb[GBT] (チューニング) による Repeat 推定結果

	2	3	4	Precision	Recall	Accuracy
2	170	10	16	0.87	1.00	0.88
3	0	15	0	1.00	0.60	0.95
4	0	0	8	1.00	0.33	0.93

次に全被験者の結果を平均し、まとめたものを表 5-34 に示す。赤色のセルは F-measure における最大値、黄色のセルは Accuracy の最大値をそれぞれ示す。

表 5-32 各手法による Repeat 推定結果

RF				SVM				GBT			
固定		チューニング		固定		チューニング		固定		チューニング	
F-measure	Accuracy	F-measure	Accuracy	F-measure	Accuracy	F-measure	Accuracy	F-measure	Accuracy	F-measure	Accuracy
0.71	0.88	0.70	0.87	0.75	0.89	0.81	0.92	0.79	0.91	0.82	0.92

Comb[RF]				Comb[SVM]				Comb[GBT]			
固定		チューニング		固定		チューニング		固定		チューニング	
F-measure	Accuracy	F-measure	Accuracy	F-measure	Accuracy	F-measure	Accuracy	F-measure	Accuracy	F-measure	Accuracy
0.71	0.88	0.73	0.89	0.78	0.91	0.83	0.93	0.78	0.91	0.83	0.93

表 5-27 より、どの手法においても F-measure が 0.7 以上、Accuracy が 0.9 前後と高い精度であり、Comb[SVM] (チューニング) が最も F-measure が高く、0.83 であり、Comb[GBT] (チューニング) が最も Accuracy が高く、0.94 であった。

次に、RF によって算出された被験者 002、009、010 における説明変数の重要度上位 10 項目を表 5-35 に示す。

表 5-33 RF による説明変数の重要度上位 10 項目（左：被験者 002、中央：被験者 009、右：被験者 010）

説明変数	重要度	説明変数	重要度	説明変数	重要度
CORtf_5	2.2	CORtf_3	8.1	CORtf_2	5.6
CORtf_4	2.1	CORtf_2	7.2	CORtf_1	4.4
CORtf_3	2.1	CORtf_1	6.7	CORtf_3	4.2
diffPStf_5	1.9	CORtf_5	6.2	AccelerometersdYtp_4	3.6
diffPStf_4	1.9	CORt_0	6.1	CORtp_1	3.1
ratioPStf_5	1.8	CORtf_4	6.0	CORtf_4	2.9
diffSumP30tf_5	1.7	CORtp_1	5.3	AccelerometersdYtp_5	2.8
CORtf_1	1.6	ratioPStf_5	5.2	CORtp_2	2.5
ratioPStf_4	1.6	CORtp_2	5.0	CORt_0	2.4
ratioPStf_3	1.6	CORtp_3	4.8	CORtp_3	2.4

5.5.2 考察

表 5-34 より、どの手法においても F-measure が 0.7 以上、Accuracy が 0.9 前後と高い精度で推定できている。Accuracy のチャンスレベルは 0.25~0.5 を大幅に上回る結果となった。F-measure が最も高かったのは、Comb[SVM]（チューニング）によるものであり、10 名中 6 名の被験者で同様の結果であった。Accuracy が最も高かったのは、Comb[GBT]（チューニング）によるものであり、10 名中 5 名の被験者で同様の結果であった。5.1.2 の考察同様、説明変数の重要度の高いものを抽出したことによって、ノイズが除かれ、精度が向上したと思われる。

説明変数について、Interest 推定のとときと同様な結果となり、RRI 変化率が上位になった。

第6章 結論

6.1 まとめ

本研究では、映像品質に対する時系列主観評価を複数の生体情報から推定することを目的とし、映像視聴時の生体情報とアンケート結果をもとに、映像品質時系列主観評価の推定を複数の手法を用い、試みた。あわせて、ユーザの映像に対するアンケート結果による他の主観評価に対する推定も試みた。

ユーザの映像に対する主観評価の推定において、どの手法を用いても高い精度で推定することが可能であった。また、多くの被験者において、RRI 変化率が重要度の高い指標として示された。

映像品質時系列主観評価を推定する場合、生体情報のみを説明変数としたとき、RF で説明変数の重要度の高いものだけを抽出し、GBT による推定を行うとき、最も精度が高い結果となった。他の手法と比べると、RMSE で最大 0.7 近く差があった。ほかの映像品質主観評価推定時には手法間に差がなかったことから、RF や SVM によっても映像全体の品質に対する大まかな主観評価を推定することは可能だが、その程度までは推定ができず、より詳細な推定には RF による説明変数の選定及び GBT による推定が有用である可能性が示唆された。しかし、ユーザ間で重要度の高い説明変数が異なることから、計測する生体情報を減らすよりは計測可能なものはすべて計測したほうが、推定精度の向上が見込まれる。説明変数にアンケート結果を加えた場合、生体情報のみの場合と比べて、大幅に精度が向上した。これは、映像品質の主観評価にユーザの好みや印象といったものが大いに影響を与えていることを示す。

以上より、ユーザの好みや印象を取得し、生体情報をあわせることで、ユーザの QoE を推定できる可能性が示唆された。

6.2 今後の課題

ユーザの好みや印象といったものが映像品質主観評価に大きく影響を及ぼす可能性が示されたことによって、映像のシーンごとにその印象を取得することが可能であれば、それを生体情報と組み合わせることでより推定精度が向上する可能性がある。したがって、時系列なユーザの印象を取得する必要がある。

映像に対する QoE は実際には映像品質のみならず、遅延等の他の品質も影響を与える。今回、有用性が示唆された手法が他の品質劣化時にも有用かどうか確認する必要がある。

参考文献

- [1] 鶴島瑞穂, 保高隆之, 有江幸司, “人々は放送局のコンテンツサービスにどのように接しているのか～「2017年6月全国放送サービス接触動向調査」の結果から～,” 放送研究と調査, pp. 72–89, 2017.
- [2] 高橋玲, “(第26回)QoE:Quality of Experience(知っておきたいキーワード),” 映像情報メディア学会誌, vol. 62, no. 2, pp. 190–192, 2008.
- [3] 河内瞭彦, 菅沼睦, 亀山渉, “ランダムフォレストを用いた複数の生体情報等による動画遅延時のQoE推定の検討,” 信学技報, vol. 117, no. 486, CQ2017-124, pp. 121–126.
- [4] 山本椋平, 飯島淳彦, 山崎達也, “ビデオストリーミングサービス視聴時の生理指標とユーザ体感品質の関係性の検討,” 信学技報, vol. 117, no. 304, CQ2017-78, pp. 45–50.
- [5] Echard H.Hess, James M.Polt, “Pupil Size as Related to Interest Value of Visual Stimuli,” *Science*, vol. 132, no. 3423, pp. 349–350, 1960.
- [6] 宮内浩, 金子寛彦, 水科晴樹, “輝度変化と心理状態が瞳孔径変動に与える影響,” 電子情報通信学会技術研究報告, HCS, ヒューマンコミュニケーション基礎, vol. 109, no. 27, pp. 19–21, 2009.
- [7] 脇山孝貴, 吉高淳夫, 平嶋宗, “注視を利用した協調フィルタリングによる興味のある情報の推薦,” *Proc. Work. Interact. Syst. Softw.*, pp. 3–8, 2005.
- [8] 遠藤千珠子, 津村徳道, 羽石秀昭, “注視点解析とその画像評価への応用,” ディスプレイアンドイメージング, vol. 4, no. 4, pp. 305–310, 図巻末1p, 1996.
- [9] 飛松省三, “脳波判読のポイント.”, 2006年4月5日, <https://www.med.kyushu-u.ac.jp/neurophy/point.pdf>, (最終確認：2019年1月30日)
- [10] 上野秀剛, 石田響子, 松田侑子, 福嶋祥太, 中道上, 大平雅雄, 松本健一, 岡田保紀, “脳波を利用したソフトウェアユーザビリティの評価：異なるバージョン間における周波数成分の比較,” ヒューマンインタフェース学会論文誌, vol. 10, no. 2, pp. 233–242, 2008.
- [11] 林秀彦, 國藤進, 宮原誠, “高品位映像の評価：脳波を指標とする客観評価法,” 映像情報メディア学会誌, vol. 56, no. 6, pp. 954–962, 2002.

- [12] 土川奏, 岩倉成志, 安藤章, “心拍間隔指標を用いた長距離運転時のストレス計測実験と解析-AHSの需要予測にむけて-,” 土木計画学研究・講演集, vol. 26, 2002.
- [13] ITU-R Rec. BT.500-13., “Methodology for the subjective assessment of the quality of television pictures,” 2012.
- [14] 加藤敦士, 菅沼睦, 亀山渉, “ディープラーニングによる瞳孔径の対光反射補正方式に関する検討,” 電子情報通信学会, 2017年総合大会, H-2-12, 2017年3月.
- [15] J.L.Andreassi, Psuchophysiology-human behavior and physiological response, 5th ed. Mahwah, NewJersey, 2007.
- [16] A. Rosebrock, “Facial landmarks with dilib, OpneCV, and Python.”, <https://www.pyimagesearch.com/2017/04/03/facial-landmarks-dlib-opencv-python/> (最終確認：2019年1月30日)
- [17] 柳井隆道, “Rを使ったXGBoostの高度なパラメータチューニングと細かいノウハウ,” *marketechlabo*, <https://www.marketechlabo.com/r-xgboost-tuning/> (最終確認：2019年1月30日)

謝辞

本研究を進めるにあたり、たびたびご指導いただいた、指導教官である亀山渉教授ならびに菅沼睦先生に感謝申し上げます。また、研究に関して相談にのり、助言をくれた同期 3 人、加藤敦士、澁田瑠奈、田上結衣、ならびに後輩たちにも感謝いたします。最後に、実験に協力してくださった渡辺研の学生ならびに実験協力者にお礼申し上げます。

図一覧

図 1	実験手順	5
図 2	評価スライダ	6
図 3	顔特徴点の位置（文献[16]Figure2 より引用）	10
図 4	RF（チューニング）による映像品質時系列主観評価推定結果.....	13
図 5	SVM（チューニング）による映像品質時系列主観評価推定結果.....	14
図 6	GBT（チューニング）による映像品質時系列主観評価推定結果	14
図 7	Comb[RF]（チューニング）による映像品質時系列主観評価推定結果	15
図 8	Comb[SVM]（チューニング）による映像品質時系列主観評価推定結果...	15
図 9	Comb[GBT]（チューニング）による映像品質時系列主観評価推定結果 ...	16
図 10	RF（チューニング）による映像品質時系列主観評価推定結果（アンケート結果を含む）	16
図 11	SVM（チューニング）による映像品質時系列主観評価推定結果（アンケート結果を含む）	17
図 12	GBT（チューニング）による映像品質時系列主観評価推定結果（アンケート結果を含む）	17
図 13	Comb[RF]（チューニング）による映像品質時系列主観評価推定結果（アンケート結果を含む）	18
図 14	Comb[SVM]（チューニング）による映像品質時系列主観評価推定結果（アンケート結果を含む）	18
図 15	Comb[GBT]（チューニング）による映像品質時系列主観評価推定結果（アンケート結果を含む）	19

表一覧

表 3-1	その他の装置一覧	6
表 3-2	試料映像詳細一覧	7
表 3-3	品質評価に関するアンケート内容	7
表 3-4	映像内容に関するアンケート内容	8
表 4-1	勾配ブースティング木におけるパラメーター一覧	12
表 5-1	各手法による映像品質時系列主観評価推定結果	19
表 5-2	各手法による映像品質時系列主観評価推定結果（アンケート結果を含む）	20
表 5-5	RF（チューニング）による映像品質主観評価推定結果	22
表 5-6	SVM（チューニング）による映像品質主観評価推定結果	23
表 5-7	GBT（チューニング）における映像品質主観評価推定結果	23
表 5-8	Comb[RF]（チューニング）における映像品質主観評価推定結果	23
表 5-9	Comb[SVM]（チューニング）における映像品質主観評価推定結果	24
表 5-10	Comb[GBT]（チューニング）における映像品質主観評価推定結果	24
表 5-11	各手法による映像品質主観評価推定結果	24
表 5-12	RF による説明変数の重要度上位 10 項目（左：被験者 002、中央：被験者 009、右：被験者 010）	25
表 5-13	RF（チューニング）による Interest 推定結果	26
表 5-14	SVM（チューニング）による Interest 推定結果	26
表 5-15	GBT（チューニング）による Interest 推定結果	26
表 5-16	Comb[RF]（チューニング）による Interest 推定結果	26
表 5-17	Comb[SVM]（チューニング）による Interest 推定結果	26
表 5-18	Comb[GBT]（チューニング）による Interest 推定結果	27

表 5-19	各手法による Interest 推定結果	27
表 5-20	RF による説明変数の重要度上位 10 項目（左：被験者 002、中央：被験者 009、右：被験者 010）	27
表 5-21	RF（チューニング）による Recommended 推定結果	28
表 5-22	SVM（チューニング）による Recommended 推定結果	28
表 5-23	GBT（チューニング）による Recommended 推定結果	29
表 5-24	Comb[RF]（チューニング）による Recommended 推定結果	29
表 5-25	Comb[SVM]（チューニング）による Recommended 推定結果	29
表 5-26	Comb[GBT]（チューニング）による Recommended 推定結果	29
表 5-27	各手法による Recommended 推定結果	30
表 5-28	RF による説明変数の重要度上位 10 項目（左：被験者 002、中央：被験者 009、右：被験者 010）	30
表 5-29	RF（チューニング）による Repeat 推定結果	31
表 5-30	SVM（チューニング）による Repeat 推定結果	31
表 5-31	GBT（チューニング）による Repeat 推定結果	31
表 5-32	Comb[RF]（チューニング）による Repeat 推定結果	32
表 5-33	Comb[GBT]（チューニング）による Repeat 推定結果	32
表 5-34	各手法による Repeat 推定結果	32
表 5-35	RF による説明変数の重要度上位 10 項目（左：被験者 002、中央：被験者 009、右：被験者 010）	33

付録

A. 映像品質時系列主観評価推定結果まとめ

赤色のセルが決定係数 R^2 の最大値、黄色のセルが平方平均二乗誤差 RMSE の最小値を示す。

表 A-1 映像品質時系列主観評価推定結果（生体情報のみ）

	RF				SVM				GBT			
	固定		チューニング		固定		チューニング		固定		チューニング	
	R^2	RMSE	R^2	RMSE	R^2	RMSE	R^2	RMSE	R^2	RMSE	R^2	RMSE
SubE002	0.528	0.681	0.465	0.654	0.403	0.800	0.481	0.761	0.284	0.172	0.472	0.157
SubE003	0.471	1.171	0.460	1.229	0.336	1.408	0.532	1.128	0.412	0.271	0.571	0.229
SubE004	0.231	1.144	0.254	1.090	0.332	1.034	0.417	0.928	0.289	0.217	0.442	0.179
SubE005	0.453	0.703	0.419	0.706	0.419	0.684	0.478	0.760	0.438	0.150	0.520	0.136
SubE006	0.392	0.581	0.451	0.541	0.514	0.520	0.516	0.483	0.362	0.117	0.507	0.103
SubE007	0.620	0.662	0.654	0.642	0.728	0.545	0.797	0.494	0.649	0.126	0.755	0.106
SubE008	0.266	0.671	0.190	0.632	0.295	0.592	0.425	0.518	0.140	0.122	0.365	0.107
SubE009	0.489	0.815	0.467	0.855	0.454	0.824	0.495	0.855	0.462	0.178	0.554	0.159
SubE010	0.217	1.175	0.218	1.131	0.176	1.253	0.209	1.096	0.146	0.235	0.256	0.219
SubE011	0.357	1.353	0.342	1.345	0.533	1.132	0.536	1.140	0.477	0.240	0.577	0.217
Ave.	0.402	0.896	0.392	0.883	0.419	0.879	0.489	0.816	0.366	0.183	0.502	0.161

Comb(RF_RF)				Comb(RF_SVM)				Comb(RF_GBT)			
固定		チューニング		固定		チューニング		固定		チューニング	
R^2	RMSE	R^2	RMSE	R^2	RMSE	R^2	RMSE	R^2	RMSE	R^2	RMSE
0.421	0.621	0.507	0.672	0.478	0.589	0.511	0.713	0.435	0.123	0.616	0.118
0.463	1.262	0.433	1.301	0.498	1.277	0.484	1.119	0.558	0.233	0.584	0.215
0.299	1.087	0.259	1.130	0.315	1.076	0.422	0.978	0.457	0.186	0.463	0.178
0.417	0.743	0.508	0.734	0.369	0.747	0.559	0.637	0.426	0.145	0.609	0.117
0.429	0.542	0.462	0.541	0.424	0.534	0.457	0.518	0.299	0.116	0.471	0.106
0.619	0.658	0.658	0.628	0.721	0.563	0.754	0.533	0.663	0.124	0.726	0.109
0.293	0.560	0.324	0.571	0.266	0.655	0.323	0.537	0.146	0.143	0.405	0.116
0.492	0.868	0.468	0.808	0.572	0.737	0.639	0.716	0.528	0.158	0.521	0.157
0.230	1.169	0.271	1.121	0.207	1.154	0.324	1.046	0.048	0.249	0.286	0.223
0.376	1.337	0.390	1.337	0.514	1.169	0.605	1.072	0.518	0.231	0.569	0.217
0.404	0.885	0.428	0.884	0.437	0.850	0.508	0.787	0.408	0.171	0.525	0.155

表 A-2 映像品質時系列主観評価推定結果（アンケート結果を含む）

	RF				SVM				GBT			
	固定		チューニング		固定		チューニング		固定		チューニング	
	R ²	RMSE	R ²	RMSE	R ²	RMSE	R ²	RMSE	R ²	RMSE	R ²	RMSE
SubE002	0.928	0.280	0.945	0.241	0.500	0.746	0.595	0.702	0.922	0.055	0.922	0.059
SubE003	0.733	0.883	0.734	0.906	0.489	1.167	0.478	1.195	0.747	0.165	0.753	0.168
SubE004	0.675	0.757	0.679	0.710	0.500	0.876	0.534	0.843	0.666	0.145	0.735	0.127
SubE005	0.900	0.310	0.845	0.387	0.373	0.774	0.547	0.658	0.801	0.086	0.880	0.064
SubE006	0.594	0.455	0.514	0.492	0.509	0.505	0.481	0.504	0.432	0.108	0.519	0.101
SubE007	0.897	0.354	0.886	0.357	0.806	0.471	0.796	0.483	0.866	0.077	0.875	0.076
SubE008	0.603	0.501	0.713	0.375	0.277	0.643	0.396	0.550	0.712	0.074	0.640	0.084
SubE009	0.886	0.406	0.909	0.351	0.523	0.853	0.636	0.693	0.844	0.090	0.893	0.073
SubE010	0.875	0.455	0.834	0.527	0.460	0.927	0.568	0.855	0.883	0.092	0.886	0.085
SubE011	0.860	0.628	0.838	0.678	0.680	0.955	0.725	0.879	0.760	0.167	0.877	0.117
Ave.	0.795	0.503	0.790	0.503	0.512	0.792	0.576	0.736	0.763	0.106	0.798	0.096

Comb(RF_RF)				Comb(RF_SVM)				Comb(RF_GBT)			
固定		チューニング		固定		チューニング		固定		チューニング	
R ²	RMSE	R ²	RMSE	R ²	RMSE	R ²	RMSE	R ²	RMSE	R ²	RMSE
0.948	0.221	0.952	0.228	0.549	0.653	0.661	0.611	0.920	0.055	0.925	0.057
0.776	0.789	0.703	0.928	0.531	1.126	0.647	0.954	0.773	0.162	0.772	0.160
0.684	0.708	0.715	0.628	0.515	0.922	0.607	0.804	0.687	0.150	0.786	0.116
0.880	0.315	0.813	0.396	0.395	0.769	0.562	0.603	0.806	0.086	0.867	0.069
0.507	0.498	0.552	0.494	0.556	0.495	0.576	0.478	0.370	0.108	0.513	0.101
0.870	0.398	0.891	0.371	0.812	0.486	0.817	0.453	0.883	0.073	0.869	0.075
0.744	0.365	0.737	0.373	0.434	0.513	0.467	0.543	0.633	0.090	0.646	0.090
0.815	0.487	0.897	0.394	0.633	0.682	0.692	0.614	0.907	0.070	0.886	0.076
0.889	0.426	0.853	0.497	0.507	0.925	0.603	0.795	0.883	0.085	0.879	0.093
0.809	0.735	0.824	0.702	0.732	0.873	0.744	0.854	0.772	0.162	0.821	0.144
0.792	0.494	0.794	0.501	0.566	0.744	0.638	0.671	0.763	0.104	0.796	0.098

B. 映像品質主観評価推定結果まとめ

赤色のセルは F 値 F-measure における最大値、黄色のセルは精度 Accuracy の最大値をそれぞれ示す。

表 B-1 映像品質主観評価推定結果

	RF				SVM				GBT			
	固定		チューニング		固定		チューニング		固定		チューニング	
	F-measure	Accuracy	F-measure	Accuracy	F-measure	Accuracy	F-measure	Accuracy	F-measure	Accuracy	F-measure	Accuracy
SubE002	0.79	0.89	0.79	0.89	0.78	0.89	0.87	0.93	0.83	0.91	0.83	0.92
SubE003	0.79	0.89	0.82	0.89	0.93	0.96	0.93	0.96	0.82	0.91	0.86	0.93
SubE004	0.82	0.92	0.82	0.92	0.83	0.92	0.91	0.96	0.87	0.94	0.87	0.95
SubE005	0.73	0.87	0.74	0.88	0.77	0.88	0.88	0.92	0.86	0.91	0.94	0.96
SubE006	0.69	0.94	0.75	0.96	0.70	0.95	0.81	0.96	0.84	0.96	0.83	0.97
SubE007	0.82	0.93	0.86	0.94	0.92	0.97	0.95	0.98	0.89	0.96	0.95	0.98
SubE008	0.65	0.86	0.67	0.86	0.73	0.89	0.79	0.91	0.74	0.90	0.80	0.92
SubE009	0.69	0.88	0.78	0.91	0.81	0.92	0.85	0.94	0.85	0.94	0.85	0.94
SubE010	0.56	0.82	0.54	0.82	0.62	0.85	0.77	0.91	0.61	0.85	0.62	0.86
SubE011	0.77	0.88	0.78	0.89	0.84	0.92	0.87	0.93	0.83	0.92	0.83	0.92
Ave.	0.73	0.89	0.75	0.90	0.79	0.91	0.86	0.94	0.81	0.92	0.84	0.93

Comb(RF_RF)				Comb(RF_SVM)				Comb(RF_GBT)			
固定		チューニング		固定		チューニング		固定		チューニング	
F-measure	Accuracy	F-measure	Accuracy	F-measure	Accuracy	F-measure	Accuracy	F-measure	Accuracy	F-measure	Accuracy
0.77	0.89	0.74	0.87	0.80	0.89	0.86	0.93	0.81	0.91	0.84	0.92
0.86	0.92	0.81	0.90	0.94	0.97	0.94	0.97	0.88	0.94	0.88	0.94
0.83	0.92	0.86	0.94	0.85	0.93	0.90	0.96	0.87	0.93	0.90	0.95
0.75	0.88	0.71	0.85	0.79	0.87	0.91	0.94	0.86	0.93	0.93	0.95
0.79	0.95	0.74	0.96	0.76	0.96	0.82	0.97	0.80	0.96	0.86	0.98
0.89	0.96	0.88	0.95	0.93	0.97	0.96	0.98	0.93	0.97	0.94	0.97
0.67	0.87	0.69	0.88	0.72	0.90	0.83	0.93	0.80	0.92	0.77	0.92
0.76	0.91	0.77	0.91	0.82	0.93	0.91	0.96	0.80	0.92	0.89	0.95
0.59	0.84	0.58	0.84	0.70	0.88	0.76	0.90	0.67	0.88	0.69	0.88
0.78	0.89	0.75	0.88	0.87	0.93	0.91	0.96	0.87	0.93	0.83	0.91
0.77	0.90	0.75	0.90	0.82	0.92	0.88	0.95	0.83	0.93	0.85	0.94

C. Interest 推定結果まとめ

赤色のセルは F-measure における最大値、黄色のセルは Accuracy の最大値をそれぞれ示す。

表 C-1 Interest 推定結果

	RF				SVM				GBT			
	固定		チューニング		固定		チューニング		固定		チューニング	
	F-measure	Accuracy	F-measure	Accuracy	F-measure	Accuracy	F-measure	Accuracy	F-measure	Accuracy	F-measure	Accuracy
SubE002	0.78	0.87	0.84	0.89	0.81	0.87	0.89	0.92	0.84	0.90	0.87	0.91
SubE003	0.68	0.86	0.68	0.86	0.78	0.91	0.84	0.91	0.73	0.89	0.81	0.91
SubE004	0.84	0.91	0.83	0.89	0.83	0.91	0.91	0.95	0.83	0.90	0.87	0.93
SubE005	0.74	0.90	0.80	0.92	0.71	0.90	0.75	0.92	0.83	0.94	0.87	0.96
SubE006	0.84	0.94	0.90	0.96	0.91	0.97	0.94	0.98	0.91	0.96	0.95	0.98
SubE007	0.80	0.91	0.78	0.91	0.89	0.95	0.95	0.98	0.88	0.95	0.95	0.98
SubE008	0.70	0.86	0.69	0.86	0.72	0.89	0.79	0.92	0.69	0.90	0.78	0.91
SubE009	0.65	0.80	0.70	0.82	0.73	0.82	0.85	0.89	0.79	0.87	0.87	0.91
SubE010	0.48	0.75	0.50	0.75	0.50	0.76	0.65	0.83	0.57	0.79	0.66	0.82
SubE011	0.76	0.80	0.76	0.80	0.78	0.82	0.83	0.86	0.83	0.86	0.82	0.85
Ave.	0.73	0.86	0.75	0.87	0.77	0.88	0.84	0.92	0.79	0.90	0.84	0.92

Comb(RF_RF)				Comb(RF_SVM)				Comb(RF_GBT)			
固定		チューニング		固定		チューニング		固定		チューニング	
F-measure	Accuracy	F-measure	Accuracy	F-measure	Accuracy	F-measure	Accuracy	F-measure	Accuracy	F-measure	Accuracy
0.84	0.89	0.84	0.89	0.84	0.89	0.87	0.91	0.85	0.90	0.87	0.91
0.67	0.85	0.69	0.87	0.85	0.93	0.89	0.94	0.76	0.90	0.79	0.91
0.82	0.89	0.79	0.88	0.84	0.91	0.91	0.95	0.83	0.91	0.87	0.93
0.78	0.92	0.76	0.92	0.77	0.91	0.79	0.92	0.85	0.95	0.91	0.95
0.87	0.95	0.90	0.97	0.91	0.97	0.96	0.99	0.89	0.96	0.94	0.98
0.85	0.94	0.80	0.92	0.95	0.98	0.95	0.98	0.87	0.94	0.93	0.97
0.69	0.87	0.72	0.88	0.75	0.90	0.84	0.93	0.75	0.90	0.78	0.90
0.73	0.83	0.71	0.83	0.71	0.82	0.76	0.85	0.82	0.88	0.85	0.90
0.55	0.78	0.54	0.77	0.58	0.79	0.72	0.86	0.63	0.81	0.63	0.82
0.76	0.80	0.81	0.84	0.89	0.91	0.85	0.88	0.86	0.88	0.85	0.88
0.76	0.87	0.76	0.88	0.81	0.90	0.85	0.92	0.81	0.90	0.84	0.92

D. Recommended 推定結果まとめ

赤色のセルは F-measure における最大値、黄色のセルは Accuracy の最大値をそれぞれ示す。

表 D-1 Recommended 推定結果

	RF				SVM				GBT			
	固定		チューニング		固定		チューニング		固定		チューニング	
	F-measure	Accuracy	F-measure	Accuracy	F-measure	Accuracy	F-measure	Accuracy	F-measure	Accuracy	F-measure	Accuracy
SubE002	0.70	0.88	0.65	0.86	0.71	0.88	0.81	0.92	0.81	0.92	0.93	0.97
SubE003	0.71	0.86	0.71	0.86	0.79	0.90	0.83	0.92	0.76	0.89	0.83	0.92
SubE004	0.72	0.88	0.75	0.88	0.78	0.89	0.85	0.93	0.79	0.90	0.90	0.96
SubE005	0.63	0.84	0.64	0.85	0.66	0.87	0.71	0.89	0.80	0.90	0.78	0.91
SubE006	0.90	0.93	0.93	0.95	0.97	0.98	0.96	0.97	0.92	0.94	0.95	0.96
SubE007	0.78	0.92	0.81	0.93	0.93	0.97	0.97	0.99	0.89	0.96	0.93	0.97
SubE008	0.60	0.85	0.63	0.86	0.64	0.87	0.71	0.91	0.68	0.87	0.71	0.89
SubE009	0.75	0.86	0.77	0.86	0.85	0.91	0.93	0.97	0.88	0.93	0.90	0.94
SubE010	0.45	0.80	0.44	0.79	0.46	0.81	0.60	0.86	0.50	0.81	0.61	0.86
SubE011	0.84	0.93	0.86	0.94	0.89	0.96	0.91	0.96	0.89	0.95	0.94	0.97
Ave.	0.71	0.87	0.72	0.88	0.77	0.90	0.83	0.93	0.79	0.91	0.85	0.93

Comb(RF_RF)				Comb(RF_SVM)				Comb(RF_GBT)			
固定		チューニング		固定		チューニング		固定		チューニング	
F-measure	Accuracy	F-measure	Accuracy	F-measure	Accuracy	F-measure	Accuracy	F-measure	Accuracy	F-measure	Accuracy
0.72	0.88	0.72	0.88	0.77	0.90	0.78	0.90	0.87	0.94	0.92	0.96
0.75	0.86	0.72	0.86	0.85	0.92	0.90	0.96	0.77	0.90	0.86	0.92
0.75	0.88	0.77	0.89	0.75	0.87	0.90	0.96	0.87	0.93	0.89	0.94
0.68	0.88	0.72	0.91	0.72	0.91	0.79	0.92	0.76	0.89	0.69	0.90
0.89	0.92	0.89	0.92	0.93	0.95	0.96	0.97	0.93	0.95	0.95	0.97
0.75	0.91	0.78	0.92	0.95	0.98	0.96	0.98	0.89	0.96	0.95	0.98
0.66	0.88	0.67	0.88	0.70	0.90	0.75	0.92	0.94	0.96	0.67	0.90
0.79	0.86	0.84	0.90	0.92	0.94	0.95	0.96	0.89	0.93	0.93	0.96
0.44	0.80	0.49	0.81	0.53	0.83	0.65	0.88	0.56	0.83	0.62	0.85
0.89	0.95	0.90	0.95	0.92	0.97	0.96	0.98	0.89	0.96	0.92	0.96
0.73	0.88	0.75	0.89	0.80	0.92	0.86	0.94	0.84	0.92	0.84	0.93

E. Repeat 推定結果まとめ

赤色のセルは F-measure における最大値、黄色のセルは Accuracy の最大値をそれぞれ示す。

表 E- 1 Repeat 推定結果

	RF				SVM				GBT			
	固定		チューニング		固定		チューニング		固定		チューニング	
	F-measure	Accuracy	F-measure	Accuracy	F-measure	Accuracy	F-measure	Accuracy	F-measure	Accuracy	F-measure	Accuracy
SubE002	0.64	0.88	0.63	0.88	0.62	0.88	0.75	0.91	0.74	0.91	0.73	0.91
SubE003	0.73	0.87	0.75	0.88	0.85	0.92	0.85	0.92	0.76	0.88	0.78	0.90
SubE004	0.76	0.90	0.73	0.90	0.78	0.91	0.88	0.95	0.82	0.92	0.89	0.95
SubE005	0.53	0.84	0.56	0.85	0.70	0.90	0.77	0.93	0.71	0.91	0.78	0.93
SubE006	0.88	0.94	0.89	0.94	0.85	0.92	0.91	0.95	0.94	0.97	0.93	0.96
SubE007	0.79	0.90	0.78	0.90	0.90	0.95	0.89	0.95	0.88	0.94	0.89	0.95
SubE008	0.75	0.86	0.70	0.84	0.69	0.83	0.75	0.85	0.73	0.85	0.80	0.87
SubE009	0.71	0.88	0.70	0.88	0.67	0.87	0.71	0.89	0.79	0.92	0.85	0.94
SubE010	0.56	0.81	0.56	0.81	0.67	0.84	0.76	0.89	0.66	0.84	0.73	0.87
SubE011	0.76	0.87	0.75	0.87	0.79	0.90	0.87	0.93	0.83	0.91	0.86	0.93
Ave.	0.71	0.88	0.70	0.87	0.75	0.89	0.81	0.92	0.79	0.91	0.82	0.92

Comb[RF]				Comb[SVM]				Comb[GBT]			
固定		チューニング		固定		チューニング		固定		チューニング	
F-measure	Accuracy	F-measure	Accuracy	F-measure	Accuracy	F-measure	Accuracy	F-measure	Accuracy	F-measure	Accuracy
0.62	0.88	0.72	0.91	0.66	0.89	0.77	0.92	0.70	0.90	0.71	0.91
0.65	0.84	0.66	0.85	0.81	0.91	0.85	0.93	0.76	0.88	0.83	0.92
0.73	0.90	0.75	0.91	0.82	0.93	0.90	0.95	0.77	0.91	0.89	0.96
0.63	0.88	0.67	0.88	0.71	0.91	0.80	0.94	0.78	0.93	0.79	0.93
0.87	0.92	0.87	0.93	0.94	0.97	0.92	0.96	0.94	0.97	0.95	0.97
0.83	0.91	0.84	0.92	0.90	0.95	0.91	0.96	0.89	0.94	0.90	0.96
0.75	0.87	0.72	0.86	0.73	0.87	0.75	0.88	0.70	0.83	0.80	0.89
0.68	0.88	0.70	0.89	0.66	0.89	0.78	0.92	0.80	0.92	0.86	0.95
0.54	0.80	0.59	0.82	0.71	0.87	0.73	0.87	0.64	0.84	0.67	0.85
0.83	0.91	0.78	0.89	0.83	0.91	0.87	0.93	0.84	0.92	0.85	0.92
0.71	0.88	0.73	0.89	0.78	0.91	0.83	0.93	0.78	0.91	0.83	0.93

研究業績一覧

	題目	発表年月	発表	連名者
研究発表	QoE指標を目指した映像品質に対する 瞳孔径変動と注視点の測定と評価	2017年3月	2017年電子情報通信学会 総合大会、B-11	菅沼睦, 亀山渉
研究発表(予定)	複数の生体情報を利用した 映像品質に対するQoEの時系列推定	2019年3月	コミュニケーションクオリティ研究会	菅沼睦, 亀山渉